

ESTIMATION D'UN STOCK NATUREL DE COQUILLES SAINT JACQUES
PAR UNE METHODE COMBINANT LES DRAGAGES ET LA PLONGEE.
TRAITEMENT DES RESULTATS PAR UNE METHODE GEOSTATISTIQUE.

D. BUESTEL, J.C. DAO, F. GOHIN,
IFREMER BP 337 29273 BREST Cédex

RESUME

L'efficacité des dragues de pêche de la baie de Saint Brieuc en Bretagne a été déterminée grâce à la plongée dans les traces laissées sur le fond. Les résultats qui concernent essentiellement la classe d'âge II (2,5 ans) montrent que l'efficacité et la casse exercées par les dragues varient fortement selon la nature du fond. Pour les fonds mous, l'efficacité moyenne trouvée est de 67% et la casse globale de 2% ; pour les fonds durs, les valeurs sont respectivement de 30% et de 17%. Ces résultats d'efficacité combinés à ceux d'une prospection par dragage d'un secteur donné de la baie de Saint-Brieuc permettent de faire une évaluation directe d'abondance. Une méthode de traitement des résultats relevant de la théorie géostatistique est appliquée : elle prend en compte la structure spatiale de la répartition des coquilles Saint-Jacques telle que l'on peut la percevoir à l'échelle des dragages pratiqués selon une grille systématique sur une surface de 3 300 hectares. Sur la zone prospectée, une des plus riches de la baie, un tonnage de 2 550 tonnes a été trouvé (écart-type de 407), ce qui donne une densité moyenne de l'ordre de 0,6 coquille par mètre carré.

ABSTRACT

The efficiency of the scallop dredge used in baie de St Brieuc (Britanny) has been directly determined by divers swimming along the track marks left on the bottom. Results, concerning essentially year class two, show that efficiency and damage caused by the dredge on scallops are highly variable according to nature of the sea bed. On smooth grounds, the average efficiency is 67% and the average percentage for severely damaged scallops is 2% ; on rough grounds, these percentages are respectively 30% and 17%. These results associated with a dredge survey on a particular area of the baie de St Brieuc allow an assessment of scallops abundance. The statistical method used, relevant to the geostatistic theory, takes into account the scallop spatial distribution as it appears from a regular grid pattern of stations for calculating a valid estimate of the overall sampling variance. Total amount of scallops on the sampled area ($33.3 \cdot 10^6$ square meters) was 2550 tons (standard deviation : 407), giving an average density of 0.6 scallop per square meter.

Les coquilles Saint-Jacques vivent sur des fonds sédimentaires plus ou moins grossiers dans une légère dépression qu'elles creusent à la surface du sédiment. Elles sont pêchées à l'aide d'une drague munie d'une lame à dents pour déloger les coquilles. La drague est aussi habituellement utilisée lors de prospections ou échantillonnages effectués à titre scientifique pour les besoins de gestion (Dupouy et al, 1983). L'étude de l'efficacité de plusieurs types de drague a été faite au moyen de diverses méthodes, marquage (Dickie 1955, Dupouy 1978), plongée (Baird 1959, Caddy 1968, Chapman et al. 1977), photographie sous-marine (Caddy 1971). Ces études ont permis de bien décrire les modalités d'action de la drague et d'avoir des données relativement précises concernant leur efficacité pour divers types de fond. L'idée développée dans ce document est, après avoir déterminé l'efficacité d'une drague en s'inspirant des travaux précédents, de combiner la valeur obtenue aux résultats d'un échantillonnage à la drague pour obtenir une estimation d'abondance sur une zone précise du gisement de coquilles Saint-Jacques de la baie de Saint-Brieuc en Bretagne Nord.

En pratique, l'objectif de l'opération a été de déterminer le tonnage de coquilles Saint-Jacques présent sur le fond dans une zone de quatre milles carrés (fig 1). En fonction des résultats de ce travail, une zone dite cantonnement a été interdite à la pêche pendant un an ; elle a été délimitée selon des critères pratiques dictés par les différentes instances (administration, professionnels) et sa surface a été réduite par rapport à la zone échantillonnée (fig 4d). Le problème s'est donc posé dans un second temps de déterminer le tonnage contenu dans ce cantonnement avec les données disponibles.

I - MATERIEL

Une drague commerciale du type Baie de Saint-Brieuc est utilisée comme engin de prélèvement à partir de trois chalutiers coquilliers de caractéristiques peu différentes : longueurs d'environ 10 m et puissance comprise entre 120 et 140 chevaux. La drague qui est équipée d'un volet a les caractéristiques suivantes : largeur 2 m, poids 200 kg environ, maillage de l'alèze de dos 3,5 cm de côté, diamètre interne des anneaux du ventre 7,2 cm, nombre de dents 20, longueur des dents 130 mm, écartements des dents 90 à 95 mm. La position est prise au radar. L'étude de l'efficacité de la drague est réalisée en plongée.

II - METHODE

II.1 - Dragages

La zone de quatre milles carrés a été divisée en neuf carrés de 1,33 mille de côté eux-mêmes divisés en six rectangles de 823 m x 1235 m au centre desquels était prévu un trait de drague. On prévoyait ainsi 54 traits de drague disposés selon une grille systématique (fig 2).

Le point de départ du dragage, au centre des rectangles unités, est repéré au radar à 50 mètres près. La durée de dragage est de 10 minutes et la vitesse est comprise entre trois et quatre noeuds. La longueur de fune filée est de trois fois la profondeur.

Pour atténuer les variations de distance parcourue sur le fond, dues essentiellement aux courants, les traits de drague sont faits selon une trajectoire circulaire.

Pour chaque prélèvement, les coquilles Saint-Jacques sont dénombrées en différenciant les coquilles intactes des coquilles cassées par la drague. La structure démographique des premières est déterminée par lecture des stries de croissance hivernales (Buestel et Laurec 1975).

II.2 - Plongées

Deux suivis de trace de drague en plongée ont été réalisés avant l'échantillonnage à la drague, les 14.09.78 et 3.10.78. (Il s'agit de suivis de mise au point dont les emplacements ont été choisis arbitrairement dans la zone). L'emplacement des quatre autres suivis a été déterminé en fonction d'une stratification précisée au cours de l'échantillonnage à la drague.

Pour chaque échantillon, la distance parcourue sur le fond par la drague est fixée à 200 mètres grâce à la technique décrite sur la figure 3. Dix minutes après le dragage (laps de temps nécessaire à la décantation des particules en suspension), deux plongeurs progressant de front parcourent la trace en prélevant les coquilles qui s'y trouvent. Un dénombrement du même type que celui des dragages est fait pour chaque suivi de trace. Les plongées permettent également de décrire le fond in situ.

II.3 - Traitement des résultats

Nous nous intéressons ici à la population du cantonnement (fig 4d) en utilisant une méthode qui permet de considérer l'ensemble des données disponibles.

II.3.1 - Transformation des résultats des dragages en abondance sur le fond

Dans un premier temps, les résultats des dragages sont combinés aux estimations d'efficacité de la drague.

Le résultat final est un produit de deux variables indépendantes dont on connaît les variances. La variance globale attachée au résultat de ce produit, le nombre de coquilles sur le fond, est calculée par la formule approchée suivante :

$$\text{Si } \bar{y} = \bar{e}' \cdot \bar{x} \quad \frac{\text{Var } \bar{y}}{(\bar{y})^2} = \frac{\text{Var } \bar{x}}{(\bar{x})^2} + \frac{\text{Var } (e')}{(\bar{e}')^2}$$

\bar{y} est la moyenne des nombres de coquilles calculés dans l'ensemble des unités d'échantillonnage choisies (surfaces draguées en 10 minutes); \bar{x} est la moyenne du nombre de coquilles ramenées dans la drague au cours des traits de 10 minutes, \bar{e}' est la moyenne des inverses des efficacités déterminées par plongée dans les traces de drague.

L'estimation de la variance de \bar{e}' , moyenne des inverses de l'efficacité habituellement définie, est faite à partir de la formule de l'estimateur rapport appliquée aux données obtenues après suivi de drague en plongée. Deux strates principales ayant été identifiées, deux estimations d'efficacité ont été faites.

On note y_{ij} le nombre de coquilles présentes sur le fond lors du trait j de la strate i , x_{ij} le nombre de coquilles dans la drague et e'_i l'inverse de l'efficacité de la strate i

$$\text{Soit } y_{ij} = e'_i \cdot x_{ij}$$

$$j = 1, \dots, n_i$$

$$\text{On note } \bar{x}_i = \frac{\sum x_{ij}}{n_i}$$

$$\text{et } \widehat{\text{var}} e'_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - e'_i x_{ij})^2}{n_i (n_i - 1) \bar{x}_i^2} \quad \widehat{e}'_i = \frac{\bar{y}_i}{\bar{x}_i}$$

Du fait du faible nombre d'observations portant sur l'efficacité (3 par strate), on a posé comme estimateur de la variance des coefficients e'_i

$$\tilde{\text{Var}} \widehat{e}'_1 = \tilde{\text{Var}} \widehat{e}'_2 = 1/2 (\widehat{\text{Var}} \widehat{e}'_1 + \widehat{\text{Var}} \widehat{e}'_2)$$

Cette hypothèse certainement inexacte permet, malgré le petit nombre de données, d'obtenir un ordre de grandeur de la variance de l'efficacité de la drague.

Pour la conversion des nombres de coquilles en poids, les pourcentages des différentes classes d'âge sont pris en compte. Les poids moyens par classe d'âge proviennent de données antérieures et il n'a pas été tenu compte des variances de ces poids qui apparaissent négligeables.

II.3.2 - Méthode géostatistique

Cette méthode prend en compte l'aspect spatial du phénomène observé par une modélisation mathématique adéquate. Elle se propose, à partir d'une étude de la structure de la variable étudiée (autocorrélations spatiales, discontinuités ou continuités ...), d'obtenir des estimateurs plus fiables que ceux calculés par une méthode classique.

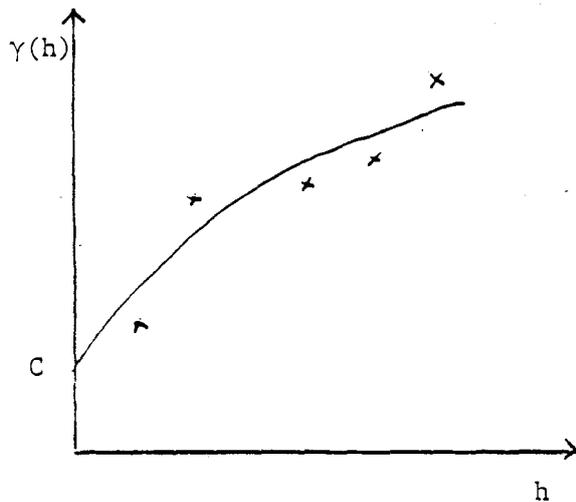
L'analyse structurale qui est une étape essentielle de la méthode a pour but d'approcher au mieux les liaisons observées entre les valeurs expérimentales. Les corrélations spatiales (au sens large du terme) sont généralement schématisées par un variogramme. Des estimateurs, soit en quantité globale soit d'une valeur en un point précis peuvent ensuite être calculés. Les variances, mettant en jeu les corrélations entre les valeurs observées, pourront alors être appréciées sur des bases solides.

* L'analyse structurale et le variogramme

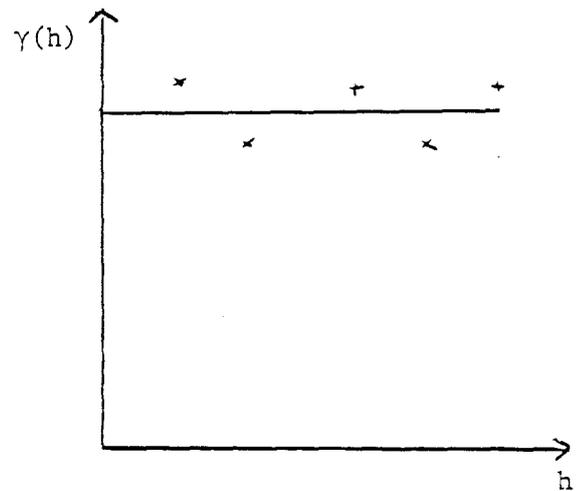
Dans les hypothèses les plus ordinaires de la méthode géostatistique, les données constituent une réalisation d'une variable aléatoire Z à accroissements stationnaires. Cela signifie que les accroissements de la variable aléatoire entre les points x et $x+h$ ne dépendent pas (en moyenne quadratique) de la position du point x mais de la distance h . On schématise cette propriété par la définition d'un demi variogramme $\gamma(h)$.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E [Z(x+h) - Z(x)]^2$$

L'allure du variogramme expérimental joue un rôle essentiel dans le choix d'utiliser ou non les méthodes géostatistiques.



A Variable fortement structurée



B Variable non structurée

Ainsi le variogramme A montre-t-il une structure fortement régionalisée des données expérimentales justifiant une approche géostatistique. La discontinuité à l'origine, marquée par le saut C , est relativement faible. Cette discontinuité, appelée effet de pépite relève la part purement aléatoire de la variable étudiée.

Le variogramme B montre un effet de pépite très important. L'application d'une méthode géostatistique ne donnerait pas des résultats différents de ceux de la statistique "classique".

* L'interpolation linéaire par krigeage

Le variogramme va permettre de calculer, par la technique dite du krigeage, des estimateurs d'une valeur ponctuelle Z_0 en x_0 ou d'une densité moyenne Z_S sur une surface S . Plus précisément, le krigeage consiste à estimer linéairement par rapport aux points voisins connus la valeur de la réalisation Z_0 au point x_0 ou la valeur Z_S sur la surface S . L'estimateur du krigeage doit assurer la condition de non biais et d'optimalité (variance minimale).

Les calculs ont été effectués grâce au logiciel MAGIK (Méthodes appliquant la Géostatistique et l'Interpolateur du Krigéage) mis au point à l'atelier informatique de l'antenne ORSTOM du centre IFREMER de Brest.

Le logiciel MAGIK composé d'un ensemble de programmes d'analyse structurale et de krigeage permet d'estimer le nombre moyen d'animaux susceptibles d'être retenus en 10 mm par un trait de drague effectué au hasard sur chacune des mailles d'un réseau situé à l'intérieur du cantonnement. Les côtés de la maille ont été fixés à 825m/2 et 1235 m/2. Il y a donc 4 mailles par maille du réseau de prélèvement. Une évaluation globale du cantonnement ainsi qu'une estimation de son erreur est effectuée par le programme. Un exposé plus détaillé de la méthode géostatistique est donné par Gohin (1985).

III - RESULTATS

III.1 - Echantillonnage dans la trace de la drague

Six suivis de trace de drague en plongée dont les positions sont données figure 2 ont été réalisés. Les résultats détaillés concernant l'efficacité et la casse de la drague figurent dans les tableaux 1 et 2 ;

Ces résultats montrent que la nature du fond a une influence déterminante aussi bien sur l'efficacité que sur la casse des coquilles occasionnée par la drague. En effet, dans les fonds mous, l'efficacité moyenne est de 67% et la casse de 2% alors que dans les fonds durs on a respectivement 30% et 17,5%. D'autre part, dans les fonds mous, la trace de la drague est très bien marquée avec des limites nettes ; ce n'est pas le cas pour les fonds durs où les limites sont plus difficiles à situer.

III.2 - Dragages

Seuls 46 traits de drague de 10 minutes ont pu être faits car une partie de la zone Ouest, parsemée de roches n'a pu être prospectée. Les résultats globaux des traits avec leurs positions sont présentés sur la figure 5 ; les résultats détaillés sont dans le tableau 3.

La surface draguée lors d'un trait de 10 minutes est de l'ordre de 2250 m² (calcul fait d'après les données du tableau 1 : temps de dragage pour parcourir la distance d'environ 200 mètres).

III.3 - Stratification de la zone échantillonnée

Au vu des résultats, il est possible d'effectuer à posteriori une stratification en utilisant les critères suivants :

- présence de roches : fonds non dragables
- comportement de la drague lors du trait : la drague "saute" sur fond dur
- colmatage plus ou moins important par divers débris et cailloux, anomies (Anomia ehippium) maerl (Lithothamnium sp.) etc ...
- Pourcentage de coquilles cassées dans les dragues : à la lumière des résultats obtenus en plongée, ce dernier point s'avère particulièrement intéressant comme critère de séparation des fonds durs et mous et les résultats en pourcentage de coquilles cassées dans les dragues, reportés figure 5h, permettent de repérer des zones bien distinctes de ce point de vue.

Toutes ces différentes données permettent de caractériser des fonds de dureté différente dont la description a pu être faite en plongée. On peut ainsi différencier deux premières strates bien caractérisées :

Strate 1 : les fonds sont sablonneux et les dents de la drague y pénètrent profondément. La casse est très faible. La surface est de 17 rectangles unités.

Strate 2 : une fine couche de sable fin compact recouvre un soubassement détritique dur. Les dents de la drague ne pénètrent que partiellement. La casse des coquilles est forte. La surface est de 25 rectangles unités.

Deux strates supplémentaires moins bien définies sont distinguables :

Strate 3 : le fond est meuble avec des cailloutis et de grandes quantités d'anomies colmatant les dragues. La surface est de quatre rectangles unités.

Strate 4 : il s'agit d'une zone de roche de 8 rectangles unités où l'échantillonnage à la drague est impossible

III.4 - Evaluation du stock

Le variogramme expérimental se calcule suivant un pas fixe de longueur H égale à 500 mètres. Pour chacune des strates, on considère les diverses distances d_{ij} entre les 46 points échantillonnés (arrondies au multiple de H le plus proche) et on calcule :

$$\gamma(pH) = \frac{1}{2} \frac{1}{N_p H} \left[\sum_{i,j} (f(x_j) - f(x_i))^2 \right]$$

$N_p H$ est le nombre de couples (x_i, x_j) dont les points sont distants de pH et appartiennent à la même strate (les points de la strate 3 ont été joints à ceux de la strate 2).

Le demi variogramme, exprimé en pourcentage de la moyenne élevée au carré (fig 6) a été ajusté par un modèle sphérique de palier 125150 (50% M^2) et de portée 7000 mètres auquel s'ajoute un effet de pépité égal à 5000 (2% M^2).

Ce modèle s'écrit :
$$\gamma(h) = 5000 + 125150 \left[\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right]$$

avec $a = 7000$ et $h < 7000$ mètres

et $\gamma(h) = 130150$ pour $h \geq 7000$ mètres

On notera que le point $\hat{\gamma}(7h)$ situé bien au-dessus de la courbe théorique n'a été obtenu qu'à partir de 13 couples de points seulement et est de ce fait moins bien estimé que les autres. L'effet de pépité est très faible : la régularisation entraînée par un dragage sur une surface de 2250 mètres carrés environ est importante.

La technique du krigeage permet, à partir de l'ensemble des 46 points échantillonnés, de calculer pour le cantonnement le nombre de coquilles dragables en 10 minutes pour un réseau de mailles régulières de 1235/2 mètres et 840/2 mètres. Ces données combinées au poids des coquilles (tableau 4) permettent l'évaluation du stock du cantonnement qui donne un total de 2547 tonnes avec un écart type de 407 pour une surface totale de 3330 hectares (tableau 5).

IV - DISCUSSION ET CONCLUSION

La validité de l'estimation effectuée dépend essentiellement de la validité des résultats obtenus pour l'efficacité de la drague. A ce propos, les plongées permettent de dégager les grands points suivants :

* L'efficacité de la drague varie fortement avec la nature du fond.

La différence de résultat observée, 70% sur fond mou et 30% sur fond dur est très nette. Bien que cette influence de la nature du fond ait été

signalée par de nombreux auteurs (Baird, 1959 ; Caddy 1968, 1971 ; Drinkwater, 1974 ; CJ Chapman et al, 1977 ; Dupouy 1978), les différentes expérimentations effectuées ont toujours fourni des résultats globaux d'efficacité.

* La drague peut exercer des dommages importants.

Dans certains cas, jusqu'à 20% des coquilles laissées dans la trace de la drague sont très endommagées. Ceci correspond bien aux observations de Caddy (1971) qui trouve entre 13 et 17% de casse dans la trace tandis que Chapman et al (1977) trouvent environ 3%.

Comme pour l'efficacité, la casse varie énormément avec la nature du fond, elle doit être également fortement influencée par les caractéristiques de dragage (vitesse, longueur et inclinaison des dents, etc...)

* L'efficacité de la drague type baie de St Brieuc est très forte sur les fonds considérés.

L'efficacité paraît beaucoup plus forte que celle signalée pour d'autres types de drague sur des fonds différents. En particulier, Caddy (1971) donne une efficacité globale de 15% pour Placopecten magellanicus ; pour Pecten maximus (captures commerciales) Barid (1959) et Chapman et al (1977) trouvent respectivement entre 5 et 20% et entre 4 et 27%. Le fait que ces résultats concernent divers types de fond souvent plus difficiles à draguer explique en partie les différences.

Pour l'évaluation proprement dite, le principal défaut de l'expérimentation est le trop petit nombre d'échantillons de traces de drague et leur mauvaise répartition. La connaissance préalable des différents types de fond aurait permis une localisation plus judicieuse des suivis en plongée et une meilleure estimation des efficacités dans les différentes strates. De nouvelles techniques telles que le sonar latéral pourraient être utilisées pour établir ce genre de cartographie des fonds.

Les résultats des dragages montrent bien l'aspect régionalisé de la distribution des coquilles St Jacques. Il est possible de préciser que le gisement, à cet endroit de la baie était constitué de grandes tâches de densité variant entre 0,2 et 1,5 coquille par mètre carré. Cette distribution permet l'utilisation de la géostatistique. Cette méthode apporte un progrès notable par rapport à un échantillonnage stratifié classique ; elle fournit en effet une estimation correcte de la variance à partir d'une grille d'échantillonnage systématique relativement facile à mettre en oeuvre. De plus, comme on l'a vu pour le cas du cantonnement, elle permet de combler dans une certaine mesure les lacunes de l'échantillonnage.

Si le manque de données concernant l'efficacité de la drague limite la portée des résultats obtenus ici, l'expérimentation permet de poser les principaux problèmes inhérents à l'estimation directe de l'abondance des coquilles St Jacques. Si on se réfère à la baie de St Brieuc, il est très probable que dans l'avenir, des estimations directes d'abondance de plus en plus fines seront nécessaires soit pour ajuster au mieux l'effort de pêche sur les différentes zones de pêche, soit pour déterminer l'impact d'opérations de repeuplement ou d'aquaculture extensive, soit dans le cadre du programme de recherche sur le déterminisme du recrutement, pour estimer la biomasse féconde du gisement.

BIBLIOGRAPHIE

- BAIRD (R.H.), 1959. - Factors affecting the efficiency of dredges. Kristjonsson H. ed, Modern fishing gear of the world 2, 222-224. London, Fishing News Books Ltd.
- BUESTEL (D.) and LAUREC (A.), 1976. - Croissance de la coquille St Jacques (Pecten maximus L.), en rade de Brest et en baie de Saint-Brieuc. Haliotis, 5, pp. 173-177.
- CADDY (J.F.), 1968. - Underwater observation on scallop (placopecten magellanicus) behaviour and drag efficiency. J. Fish Res. Bd Can. 25, 2123-2141.
- CADDY (J.F.), 1971. - Efficiency and selectivity of the Canadian offshore scallop dredge. ICES, CM 1971. Document K:25, 8 pp mimeo.
- CHAPMAN (C.J.), MASON (J.) and KINNEAR (J.A.M.), 1977. - Diving observations on the efficiency of dredges used in the Scottish fishery for the scallop, Pecten maximus (L.). Scottish Fisheries Research Report number 10-1977.
- DICKIE (L.M.), 1955. - Fluctuations in abundances of the giant scallop Placopecten magellanicus (Gmelin) in the Digby area of the bay of Fundy. J. Fish Res. Bd Can. 12, 797-857.
- DRINKWATER (J.), 1974. Scallop dredge selectivity experiments. ICES, CM 1974, Document K:25. 4pp. mimeo.
- DUPOUY (H.), 1978. - Etude comparée des dragues à coquilles Saint-Jacques. Scallop workshop, Brest, May 1978.
- DUPOUY (H.), De KERGARIOU (G.) and LATROUITE (D.), 1983. - L'exploitation de la coquille Saint-Jacques Pecten maximus (L.) en France 2^e partie : Evaluation et gestion du stock de la baie de St-Brieuc. Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit., 3-11, Février 1983.
- GOHIN (F.), 1985. - Planification des expériences et interprétation par la théorie des variables régionalisées. CIEM Comité des statistiques CM/1985/D:3.

Numéro du suivi (fig 2)	Durée du trait en secondes	Longueur trait en mètres	Nature du fond	Contenu de la drague						Ramassage en plongée dans la trace						Densité par mètre carré
				Classe II			Classe III ⁺			Classe II			Classe III ⁺			
				Intactes	Cassées	Total	Intactes	Cassées	Total	Intactes	Cassées	Total	Intactes	Cassées	Total	
1	101	215	Fonds	99	33	132	6	8	14	192	40	232	2	7	9	0,9
Total drague : 146						Total plongée : 241										
2	107	195	durs	53	4	57	2	0	2	147	24	171	4	3	7	0,6
Total drague : 59						Total plongée : 178										
3	-	200		32	1	33	0	0	0	106	17	123	6	1	7	
Total drague : 33						Total plongée : 130										
4	114	210	Fonds	334	0	334	19	0	19	143	5	148	2	0	2	1,2
Total drague : 353						Total plongée : 150										
5	120	210	mous	329	5	334	23	1	24	194	12	206	7	0	7	1,3
Total drague : 358						Total plongée : 213										
6	75			136	0	136	5	2	7	46	0	46	3	0	3	
Total drague : 143						Total plongée : 49										

TABLEAU 1 : Efficacité de la drague. Résultats détaillés des différents suivis de trace.

Numéro du suivi	Efficacité globale	Casse dans la drague	Casse sur le fond	Casse globale
1 FONDS	38	28	19	23
2 DURS	25	7	15	13
3	20	<1	14	12
4 FONDS	70	0	3	1
5 MOUS	63	2	6	3
6	74	1	0	<1

TABLEAU 2 : Efficacité et casse dans la drague. Résultats globaux en pourcentage.

Numéro du Prélèvement	CLASSES (COQUILLES INTACTES)					TOTAUX		OBSERVATIONS
	II	III	IV	V	VI+	Total cassées	Total Général	
1	690	5	25	24	19	2	765	
2	1087	6	18	16	16	7	1150	
3	360	6	5	7	1	2	381	
4	634	9	25	12	9	0	689	Fonds mous
5	290	8	5	12	1	5	321	
6	664	19	9	26	2	0	720	
7	342	24	8	37	4	16	431	
8	287	30	15	9	3	9	353	Colmatage des
9	318	26	17	11	2	16	392	dragues
10	352	21	7	18	0	6	398	
11	68	14	6	51	6	26	171	
12	136	28	5	30	0	11	210	
13	65	21	8	36	4	21	155	
14	126	23	8	30	3	26	216	
15	75	35	13	82	0	22	227	
16	91	27	9	30	2	32	191	
* 17	186	28	6	35	0	7	262	Fond dur
* 18	143	23	10	25	3	12	216	
* 19	500	45	2	35	2	4	588	Fond mou
* 20	190	17	7	41	4	26	285	Fond dur
21	1141	21	16	60	3	4	1245	
22	950	25	14	51	0	7	1047	Fond mou
23	775	23	10	18	4	3	833	
24	700	21	5	23	3	1	753	
25	616	13	17	11	6	1	664	
26	370	13	3	16	1	3	406	
27	469	3	15	14	15	0	516	
28	391	3	5	13	4	0	416	
29	80	16	4	41	13	30	184	
30	24	2	1	46	18	24	115	
31	78	7	4	56	4	15	164	
32	20	8	0	59	46	34	167	
33	136	27	16	65	7	48	299	
34	55	24	11	67	15	53	225	
35	558	18	11	22	1	15	625	Fond dur
36	470	38	14	29	0	32	583	
37	948	19	9	34	3	40	1053	
38	544	37	6	42	4	30	663	
39	881	17	8	46	7	56	1015	
40	565	22	3	36	2	60	688	
41	775	4	7	19	0	12	817	
42	515	10	11	62	3	8	609	
43	685	7	8	39	2	43	784	
44	155	2	1	39	2	11	210	
45	616	5	9	34	0	35	699	
46	64	1	1	29	0	7	102	

TABLEAU 3 : Résultats des dragages.

Les positions des dragages sont données sur la figure 2.

* Les traits 17.18.19.20 ont été faits un demi mille trop au Nord par rapport à la grille d'échantillonnage prévue.

Classes d'âge	II	III	IV	VI	V	et plus
Poids moyen	110 g	160 g	190 g	210 g	230 g	
Pourcentages dans la strate 1	92	2	2	3	1	
Poids moyen Strate 1	117 g					
Pourcentages dans la strate 2	81	5	2	11	1	
Poids moyen Strate 2	126 g					

TABLEAU 4: Poids des coquilles pour la période considérée (données des années antérieures) et pourcentage des différentes classes d'âge pour les strates 1 et 2.

	STRATE 1 et 4 FONDS MOUS	STRATE 2 et 3 FONDS DURS
<u>Ensemble de la zone</u>		
Nombre de traits de drague	15	29
Moyenne par trait	700	416
Variance du nombre moyen par trait	(72,6) ²	(51.5) ²
<u>Cantonnement</u>		
Surface (ha)	2060	1270
Nombre de mailles krigies	80	43
Moyenne par trait après krigeage	786	553
Variance	(52.2) ²	(27) ²
Coefficient e' : inverse de l'efficacité	1.48	3.31
Variance de e'	.18	.18
Surface draguée en 10 mn	2250	2250
Nombre moyen par 2250 m ² compte tenu de e'	1163	1830
Variance de ce nombre moyen	(342) ²	(251) ²
Nombre de coquilles	10,6.10 ⁶	10,3.10 ⁶
Poids moyen d'une coquille (kg)	0.117	0.126
Stock estimé (tonnes)	1246	1301
Variance	366 ²	178 ²
Stock total (Tonnes)	2547	
Variance	407 ²	

TABLEAU 5 : EVALUATION DU STOCK DE CANTONNEMENT

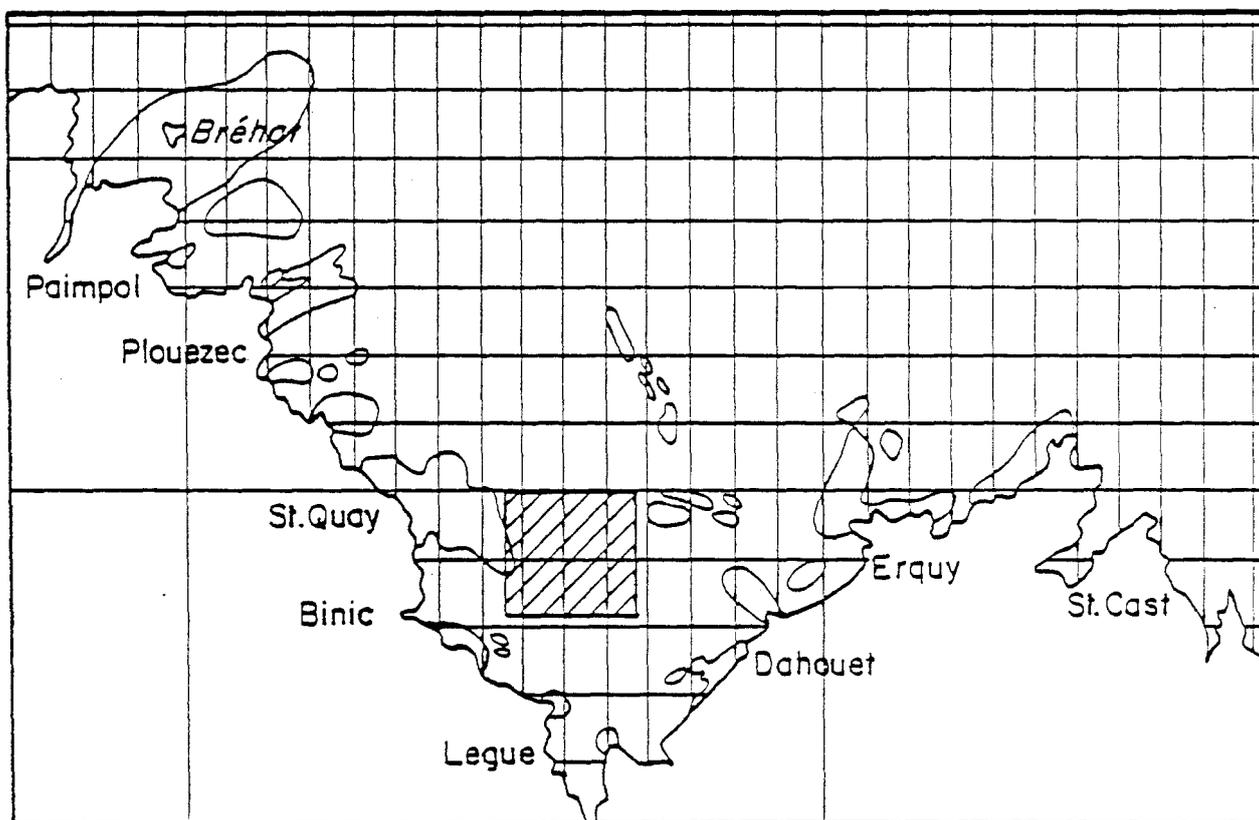
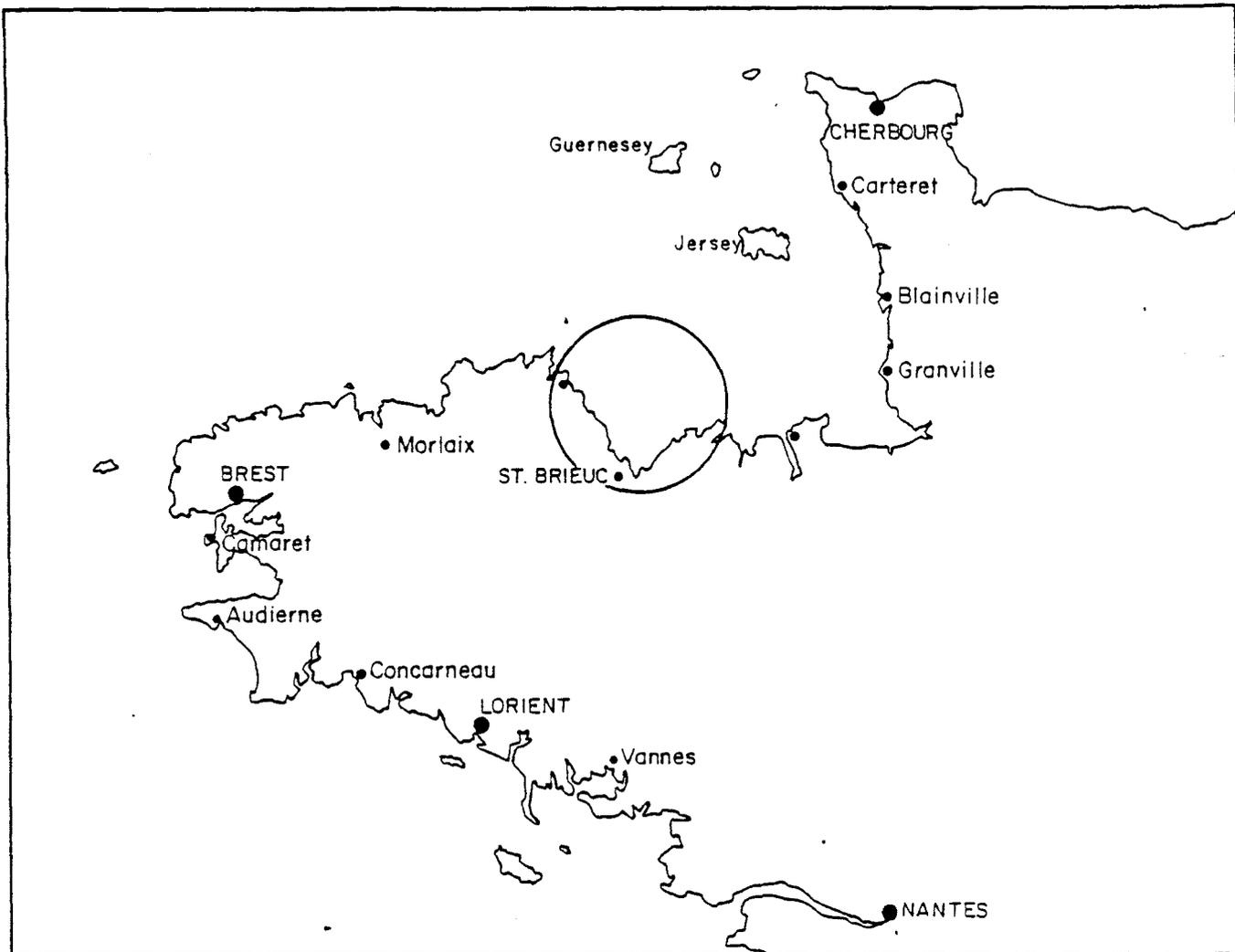


Figure 1 : Situation de la baie de St BRIEUÇ en Bretagne et emplacement de la zone échantillonnée par rapport au reste de la baie.

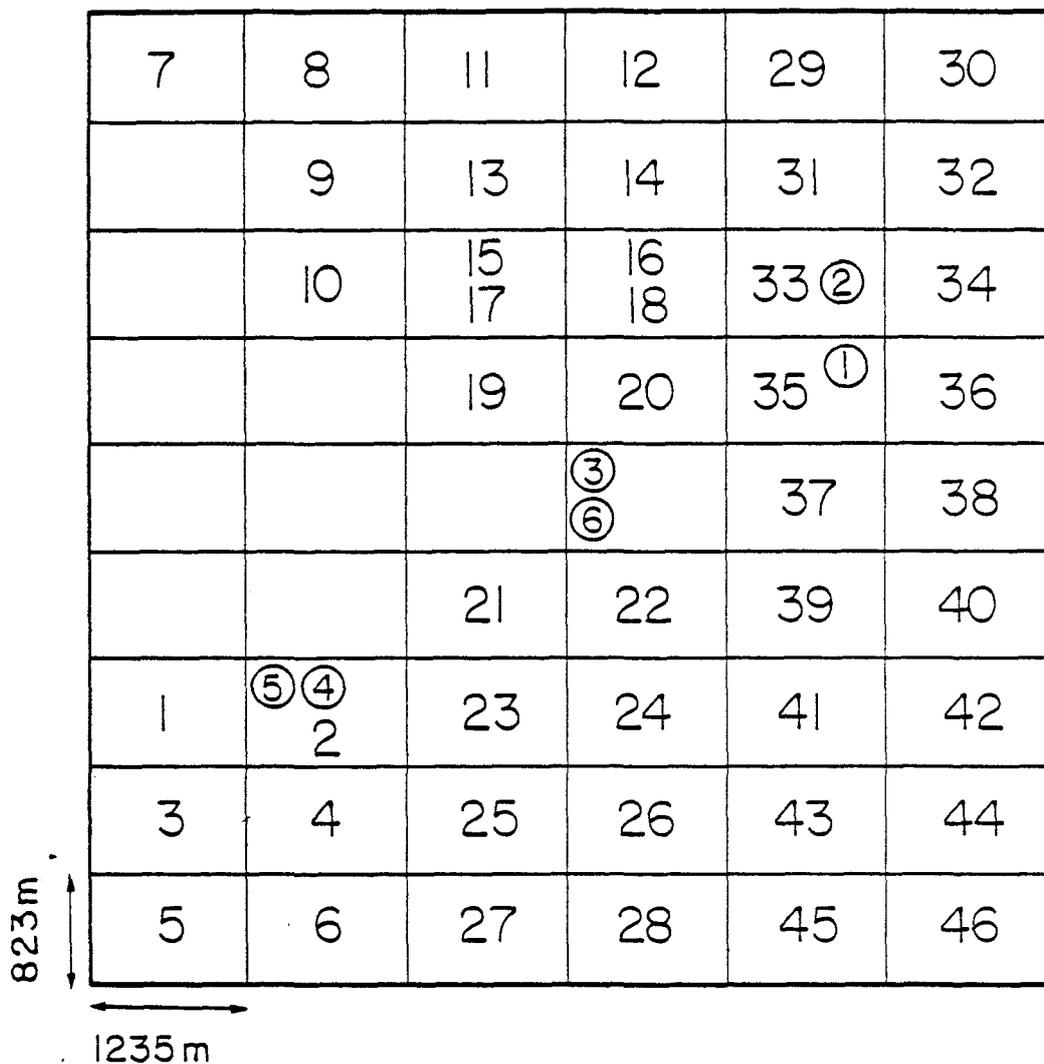
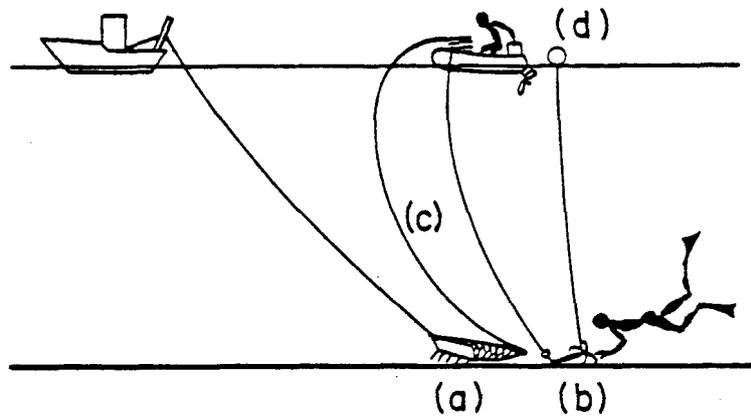
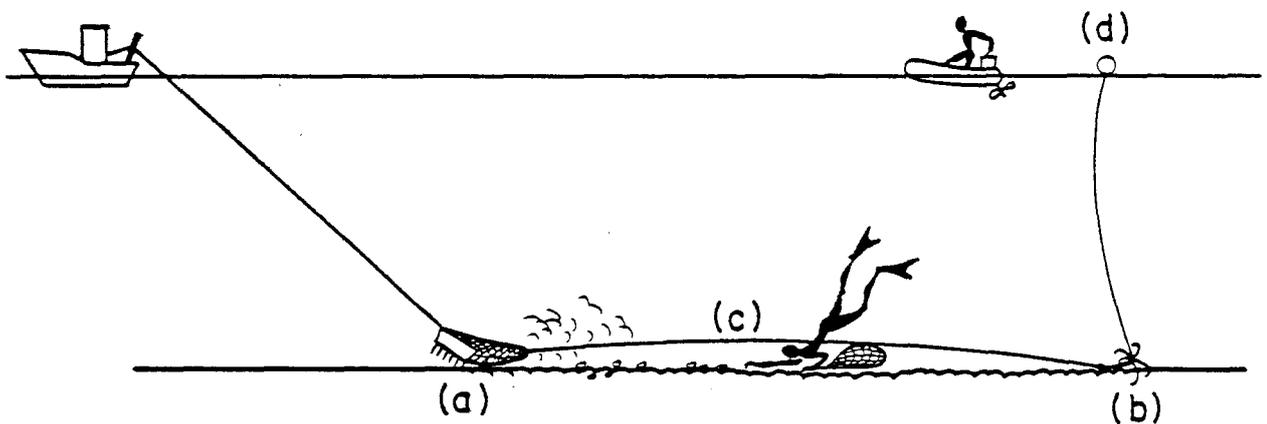


Fig. 2: Grille d'échantillonnage pour les dragages et positions des points de plongée.
 Dragage: au départ un trait de drague circulaire est prévu au centre de chaque rectangle unité de 823 m x 1235 m. Les chiffres indiquent les positions des traits de drague effectivement réalisés.
 Plongée: Les chiffres entourés d'un cercle donnent les emplacements des différents suivis de trace de drague. (les positions des suivis 3 et 6 sont approximatives.)



- (1) - mise à l'eau de la drague (a) avec le grappin (b)
- (2) - amarrage en plongée d'un orin de 200 m (c) et d'une bouée de repérage (d)



- 3 - mise en route du bateau jusqu'à tension de l'orin de 200 m (c)
- 4 - plongée à partir de la bouée (d) et récolte dès que la visibilité le permet.
- 5 - embarquement de la drague et échantillonnage de son contenu.

Figure 3 : Méthode d'étude de l'efficacité de la drague.

431	353	171	210	184	115
	392	155	216	164	167
	398	227 262	191 216	299	225
		588	285	625	583
				1053	663
		1245	1047	1015	688
765	1150	833	753	817	609
381	689	664	406	784	210
321	720	516	416	699	102

a) Nombre total de coquilles St. Jacques par trait de drague de 10 mn.

3					
				2	
4					
		1			

c) Stratification de la zone échantillonnée :
 1 - fonds mous , 2 - fonds durs
 3 - fonds à fort colmatage
 4 - zone de roche non dragable.

3,7	2,5	15	5	16	21
	4	13	12	9	20
	15	9,7 2,7	17 5,5	16	23
		0,7	9	2,4	5,5
			1	3,8	4,5
		0,3	0,7	5,5	8,7
0,3	0,6	0,4	0,1	1,5	1,3
0,5	0	0,1	0,7	5,5	5,2
1,5	0	0	0	5	7

b) Pourcentages de coquilles cassées dans les traits de 10 mn.

431	353	171	210	184	115
	392	155	216	164	167
	398	227 262	191 216	299	225
		588	285	625	583
				1053	663
		1245	1047	1015	688
765	1150	833	753	817	609
381	689	664	406	784	210
321	720	516	416	699	102

d) délimitation en grise du cantonnement de Caffa à l'intérieur de la zone échantillonnée.

FIGURE 4 : RESULTATS DES DRAGAGES ET POSITION DU CANTONNEMENT PAR RAPPORT A LA ZONE ECHANTILLONNEE

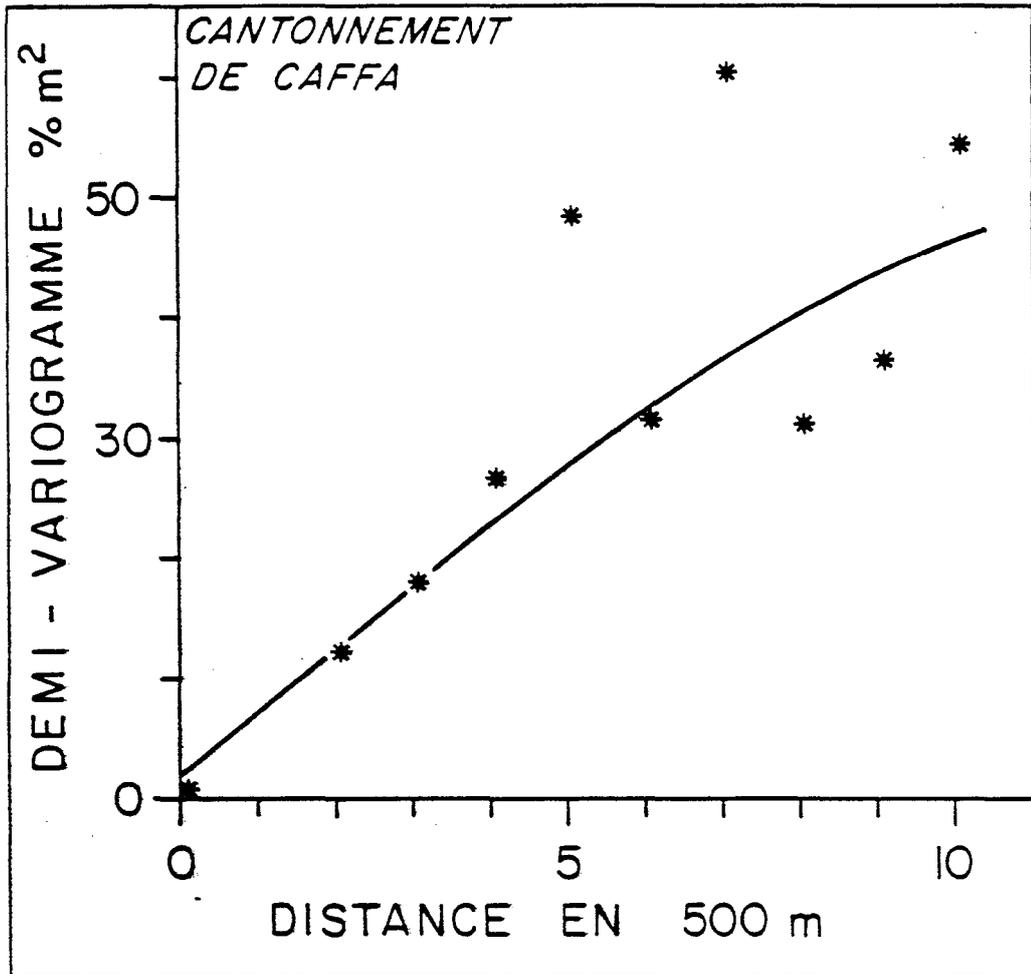


Figure 5 : Demi-variogramme pour un pas de 500 mètres.